

10/524585

Rec'd PCT/PTO

15 FEB 2005

PCT/JR 2004/002382

27. 2. 2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2003年 2月28日

REC'D 15 APR 2004

出 願 番 号  
Application Number: 特願2003-053281  
[ST. 10/C]: [JP2003-053281]

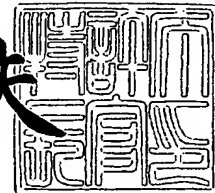
出 願 人  
Applicant(s): 農工大ティー・エル・オー株式会社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 4月 1日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特2004-3026741

【書類名】 特許願

【整理番号】 NP03031-NT

【提出日】 平成15年 2月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H03B 7/00  
B06B 1/02  
H04R 23/00

【発明の名称】 熱励起音波発生装置

【請求項の数】 2

【発明者】

【住所又は居所】 東京都小金井市緑町 3 - 1 2 - 8

【氏名】 越田 信義

【発明者】

【住所又は居所】 東京都小金井市中町 2 - 2 4 - 1 6  
農工大ティー・エル・オー株式会社内

【氏名】 椿 健治

【特許出願人】

【識別番号】 801000072

【氏名又は名称】 農工大ティー・エル・オー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100093230

【弁理士】

【氏名又は名称】 西澤 利夫

【電話番号】 03-5454-7191

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009911

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 熱励起音波発生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 熱導電性の基板と、基板上の一方の面に形成された断熱層と、断熱層上に形成され、電氣的に駆動される金属膜からなる発熱体薄膜とを備えた熱励起音波発生装置であって、熱導電性の基板の熱伝導率を  $\alpha_S$ 、その熱容量を  $C_S$  とし、また、断熱層の熱伝導率を  $\alpha_I$ 、その熱容量を  $C_I$  としたときに、

$$1/100 \geq \alpha_I C_I / \alpha_S C_S、かつ \alpha_S C_S \geq 100$$

の関係が成り立つことを特徴とする熱励起音波発生装置。

【請求項 2】 熱導電性の基板が、半導体もしくは金属からなることを特徴とする請求項 1 の熱励起音波発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この出願の発明は、熱励起音波発生装置に関するものである。さらに詳しくは、この出願の発明は、空気に熱を与えることで空気の粗密を作り、音波を発生する装置であって、超音波音源、スピーカー音源、アクチュエータ等に有用な新しい熱励起音波発生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来より各種の超音波発生装置が知られており、これら従来の超音波発生装置は、電気火花や流体振動などを用いる特殊なものを除いて、すべて何等かの機械振動を空気の振動へと変換するものである。このような機械振動を用いる方法には動電型・コンデンサ型などもあるが、超音波領域では圧電素子を利用したものが主流である。例えば、圧電材料であるチタン酸バリウムの両面に電極を形成し、電極間に超音波電気信号を印加することで、機械振動を発生させ、空気などの媒質にその振動を伝達して超音波を発生するようにしている。だが、このような機械振動を利用した音波発生装置では、固有の共振周波数を有するために周波数帯域が狭い、周囲の環境（温度、振動）等の影響を受けやすい、微細・アレイ化

が困難といった問題があった。

### 【0003】

一方、機械振動を全く伴わない、新しい発生原理の圧力波発生装置が提案されている（特許文献1）（非特許文献1）。この提案では、具体的には、基板と基板上に設けられた熱絶縁層と熱絶縁層上に設けられて電氣的に駆動される発熱体薄膜から構成されており、発熱体薄膜から発生した熱が熱伝導率のきわめて小さい多孔質層や高分子層などの熱絶縁層を設けることで、発熱体表面の空気層の温度変化が大きくなるようにして、超音波を発生するようにしている。この提案されたデバイスは、機械振動を伴わないので、周波数帯域が広く、周囲環境の影響を受けにくく、微細・アレイ化も比較的容易であるなどの特徴を有している。このような熱励起による圧力発生装置の発生原理について考えてみると、電氣的に駆動される発熱体薄膜に交流電流を印加した場合の表面温度の変化は、熱絶縁層の熱伝導を $\alpha$ 、体積あたりの熱容量を $C$ 、角周波数を $\omega$ として、単位面積あたりのエネルギーの出入り $q(\omega)$  [ $W/cm^2$ ]があったとき、次式(1)で与えられる。

### 【0004】

#### 【数1】

$$T(\omega) = (1-j) / \sqrt{2} \times 1 / \sqrt{\omega \alpha C} \times q(\omega) \quad (1)$$

また、そのとき発生する電圧は、次式(2)で与えられる。

### 【0005】

#### 【数2】

$$P(\omega) = A \times 1 / \sqrt{\alpha C} \times q(\omega) \quad (2)$$

すなわち、図3に示すように、超音波周波数の信号を発生する信号源から供給された周波数 $f$ の電流（図3-a）によって、発熱体薄膜から発生する熱（図3-b）が周囲の媒体である空気との熱交換により、空気の温度変化が起こる（図3-c）。これが空気の粗密波を生み出し、周波数 $2f$ の音波を発生する（図3-d）。

## 【0006】

ここで、前記(2)式より、発生する音圧は、単位面積あたりのエネルギーの出入り  $q(\omega)$ 、すなわち、入力電力に比例する、熱絶縁層の熱伝導度  $\alpha$ 、体積あたりの熱容量  $C$  が小さいほど大きくなることがわかる。さらに、熱絶縁層と基板の熱的コントラストが重要な役割をする。すなわち、熱伝導率  $\alpha$ 、体積あたりの熱容量  $C$  をもつ熱絶縁層の厚さを  $L$  とし、その下に  $\alpha$ 、 $C$  とも十分に大きな熱伝導性の基板がある場合、次式(3)

$$L = (2\alpha / \omega C)^{0.5} \quad (3)$$

程度の厚み(交流成分の熱拡散長)をとると、発熱の交流成分は断熱し、発熱体の熱容量のため発生する直流成分の熱は、大きな熱伝導性の基板へ効率良く逃すことができる。

## 【0007】

## 【特許文献1】

特開平11-300274号公報

## 【非特許文献1】

Nature 400(1999) 853-855

## 【0008】

しかしながら、上記の熱励起による音波発生装置においては、その多層構成のあり方や具体的な態様についてはその性能向上の観点からは実際の展望はほとんど拓かれていないのが実情である。

## 【0009】

## 【発明が解決しようとする課題】

そこで、この出願の発明は、機械振動を全く伴わず、多くの特徴を有している熱励起による圧力発生装置について、その性能の大きな向上を図ることのできる新しい技術手段を提供することを課題としている。

## 【0010】

## 【課題を解決するための手段】

この出願の発明は、上記の課題を解決するものとして、第1には、熱導電性の基板と基板上の一方の面に形成された断熱層と、断熱層上に形成され、電氣的に

駆動される金属膜からなる発熱体薄膜とを備えた熱励起音波発生装置であって、熱導電性の基板の熱伝導率  $\alpha_S$ 、その熱容量を  $C_S$  とし、また、断熱層の熱伝導率を  $\alpha_I$ 、その熱容量を  $C_I$  としたときに、

$$1/100 \geq \alpha_I C_I / \alpha_S C_S, \text{ かつ } \alpha_S C_S \geq 100$$

の関係が成り立つことを特徴とする熱励起音波発生装置を提供する。

#### 【0011】

また、第2には、熱導電性の基板が、半導体もしくは金属からなることを特徴とする前記の熱励起音波発生装置を提供する。

#### 【0012】

以上のとおりのこの出願の発明は、発明者が、上記課題を解決するために、熱絶縁層と基板の熱的コントラストに着目して鋭意研究を重ねた結果から導かれたものであって、前記のとおり関係が成り立つように、熱伝導性の基板と断熱層の材質を選択することで、性能が向上するという全く予期できなかった新しい知見に基づいて完成されたものである。

#### 【0013】

##### 【発明の実施の形態】

この出願の発明は、上記のとおりの特徴をもつものであるが、以下にその実施の形態について説明する。

#### 【0014】

図1は、この出願の発明の熱励起音波発生装置の一実施形態を例示した断面図である。この図1の例では、熱励起音波発生装置は、熱導電性の基板(1)と、基板上の一方の面に形成されたポーラスシリコン層からなる断熱層(2)と、断熱層(2)上に形成され、電気的に駆動される金属膜からなる発熱体薄膜(3)で構成されている。

#### 【0015】

熱伝導率  $\alpha$ 、体積あたりの熱容量  $C$  をもつ熱絶縁層の厚さを  $L$  とし、その下に  $\alpha$ 、 $C$  とともに十分に大きな熱伝導性の基板がある場合、前記の式(3)で表わされる程度の厚み(交流成分の熱拡散長)をとると、発熱の交流成分は断熱し、発熱体の熱容量のため発生する直流成分の熱は、大きな熱伝導性の基板へ効率良く逃

することができる。

#### 【0016】

この熱の流れをより効率良くするために、図2に示すように、 $1/100 \geq \alpha_{ICI}/\alpha_{SCS}$ 、かつ  $\alpha_{SCS} \geq 100$  の範囲に入るように断熱層、基板の材質を選択して、組み合わせる。ここで、 $1/100 < \alpha_{ICI}/\alpha_{SCS}$  および/または  $\alpha_{SCS} < 100$  で行なった場合、直流成分の熱を十分に基板側へ逃すことができず、発熱体金属薄膜に熱が貯まり、入力に対して十分な温度変化を得ることができず、特性が低下することとなる。また、 $\alpha_{ICI}/\alpha_{SCS}$  値の下限、及び  $\alpha_{SCS}$  の上限に関しては特に限定されないが、最もコントラストのある金属と高性能断熱材の組み合わせの値が実用上の限界となる。

#### 【0017】

表1に具体的に各種材料の  $\alpha C$  値を列挙する。

#### 【0018】

【表1】

熱伝導率  $\alpha$ 、熱容量  $C$

	熱伝導率 $\alpha$ (W/mK)	熱容量 $C$ ( $10^6$ J/m <sup>3</sup> K)	$\alpha C$
銅	398	3.5	1393
シリコン	168	1.67	286
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	2.3	2.31	5.3
SiO <sub>2</sub>	1.4	2.27	3.2
ポリイミド	0.4	6.0	2.4
ポーラスシリコン	1	0.7	0.7
ポリスチレンフォーム	0.04	0.045	0.0018

固体の  $\alpha C$  は、金属、半導体、無機絶縁物、樹脂でおよそ表1に示した範囲の値をとる。ここで、ポーラスシリコンは、例えば、シリコン表面をフッ素酸溶液中で陽極酸化処理することで形成することができるシリコンの多孔体であり、電流密度、処理時間を適宜設定することで、所望の多孔度、深さ（厚み）を得ることができる。ポーラスシリコンは、多孔質材料であり、かつナノオーダーのシリコンの量子効果（フォノン閉じ込め効果）により、シリコンに比べて、熱伝導率、熱容量とも非常に小さい値を示す。



## 【0019】

具体的には、例えば、基板として銅やシリコンを用いた場合、上述のポリイミド、ポーラスシリコン、ポリスチレンフォームなどを断熱層として使えることがわかる。逆に、ガラス基板は、 $\alpha C$ 値が小さく使用することができない。これらの組み合わせは、一例に過ぎず、適宜選択できるものである。ただし、より好ましくは、微細・アレイ化加工などの製造プロセスが容易なものを選択する。

## 【0020】

次に、発熱体薄膜(3)としては、金属膜であれば材質は特に限定されない。たとえば、金、アルミ、ニッケル、白金などが用いられ、真空蒸着、スパッタなどで成膜できる。また、膜厚は、熱容量を小さくするためにできるだけ、薄くすることが好ましいが、適当な抵抗にするために、10nm～100nmの範囲で選択することができる。

## 【0021】

そこで以下に実施例を示し、さらに詳しくこの出願の発明について説明する。もともと以下の例によって発明が限定されることはない。

## 【0022】

## 【実施例】

## (実施例1)

P型(100)単結晶シリコン基板(3-20 $\Omega$ )( $\alpha SC_S=280$ )の裏面に陽極酸化処理時のコンタクト電極として、Alを真空蒸着で300nm成膜した。その後、この基板を、HF(55%):EtOH=1:1の溶液中で白金を対極として電流密度20mA/cm<sup>2</sup>で40分間陽極酸化処理を行い、厚み約50 $\mu$ mのポーラスシリコン層( $\alpha ICI=0.7$ )を形成した。最後に、ポーラスシリコン層上に、発熱体薄膜としてAlを真空蒸着で50nmの厚みで形成して、素子を作製した。

## (実施例2)

純銅製の基板(厚み1mm)( $\alpha SC_S=1393$ )の上面にポリイミドを厚み50 $\mu$ mでコーティングした層( $\alpha ICI=2.4$ )を形成した。最後に、ポリイミド上に、発熱体薄膜としてAlを真空蒸着で50nmの厚みで形成して、素子

を作製した。

(実施例 3)

純銅製の基板 (厚み 1 mm) ( $\alpha_S C_S = 1393$ ) の上面にスパッタ法によって厚み  $2\ \mu\text{m}$  の  $\text{SiO}_2$  層を ( $\alpha_I C_I = 3.2$ ) を形成した。最後に、 $\text{SiO}_2$  上に、発熱体薄膜として Al を真空蒸着で 50 nm の厚みで形成して、素子を作製した。

(比較例 1)

P 型 (100) 単結晶シリコン基板 ( $3-20\ \Omega$ ) ( $\alpha_S C_S = 286$ ) の上面にプラズマ CVD 法によって厚み  $2\ \mu\text{m}$  の  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜 ( $\alpha_I C_I = 46$ ) を形成した。最後に、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜上に、発熱体薄膜として Al を真空蒸着で 50 nm の厚みで形成して、素子を作製した。

(比較例 2)

厚み 1.1 mm のソーダガラス ( $\alpha_S C_S = 3.2$ ) の上面にポリスチレンフォームを厚み  $100\ \mu\text{m}$  でコーティングした層 ( $\alpha_I C_I = 0.0018$ ) を形成した。最後に、ポリスチレンフォーム上に、発熱体薄膜として Al を真空蒸着で 50 nm の厚みで形成して、素子を作製した。

【0023】

以上の実施例 1～3 並びに比較例 1～2 の各々において得られた素子の発熱体薄膜に 50 kHz、 $1\text{ W}/\text{cm}^2$  の電力を供給し、出力音圧を素子から 10 mm の距離でマイクで測定した。

【0024】

その結果を表 2 に示す。

【0025】

【表 2】

	基板	断熱層	$\alpha_I C_I / \alpha_S C_S$	$\alpha_S C_S$	出力音圧 (Pa)
実施例1	シリコン	ポーラスシリコン	1/400	280	0.12
実施例2	銅	ポリイミド	1/580	1393	0.11
実施例3	銅	SiO <sub>2</sub>	1/435	1393	0.11
比較例1	シリコン	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	1/53	280	0.04
比較例2	SiO <sub>2</sub>	ポリスチレンフォーム	1/1778	3.2	0.03

実施例 1～3 及び比較例 1、2 の各素子からは、100 kHz の超音波が発生した。表 2 より、 $1/100 \geq \alpha_I C_I / \alpha_S C_S$  かつ  $\alpha_S C_S \geq 100$  の組み合わせの時に音圧が大きくなることがわかる。

【0026】

【発明の効果】

以上詳しく説明したとおり、この出願の発明の熱励起音波発生装置では、熱導電性の基板と、基板上の一方の面に形成された断熱層と、断熱層上に形成され、電氣的に駆動される金属膜からなる発熱体薄膜とを備え、熱導電性の基板の熱伝導率  $\alpha_S$ 、熱容量を  $C_S$  とし、また、断熱層の熱伝導率  $\alpha_I$ 、熱容量を  $C_I$  としたときに、

$$1/100 \geq \alpha_I C_I / \alpha_S C_S, \text{ かつ } \alpha_S C_S \geq 100$$

の関係が成り立つように熱導電性の基板と断熱層の材質を選択することで、出力音圧特性を大きく向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

この出願の発明の熱励起音波発生装置においてその一実施形態を例示した断面図である。

【図 2】

$\alpha_S C_S$  と  $\alpha_I C_I$  との関係について好ましい範囲を示した図である。

【図 3】

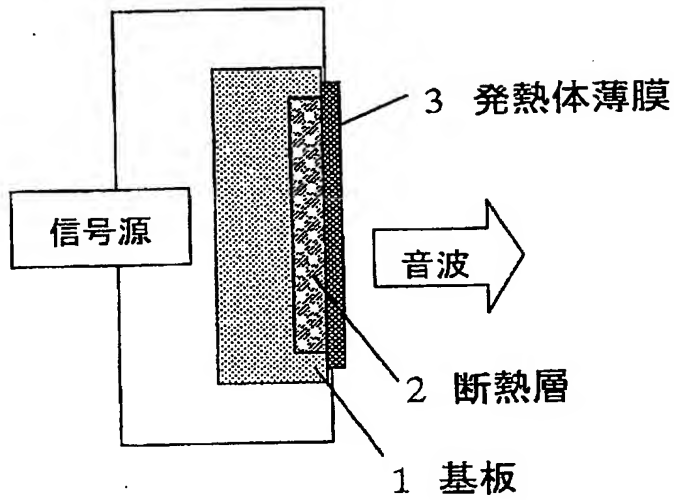
周波数と電流、熱、温度、音波との関係について示した図である。

【符号の説明】

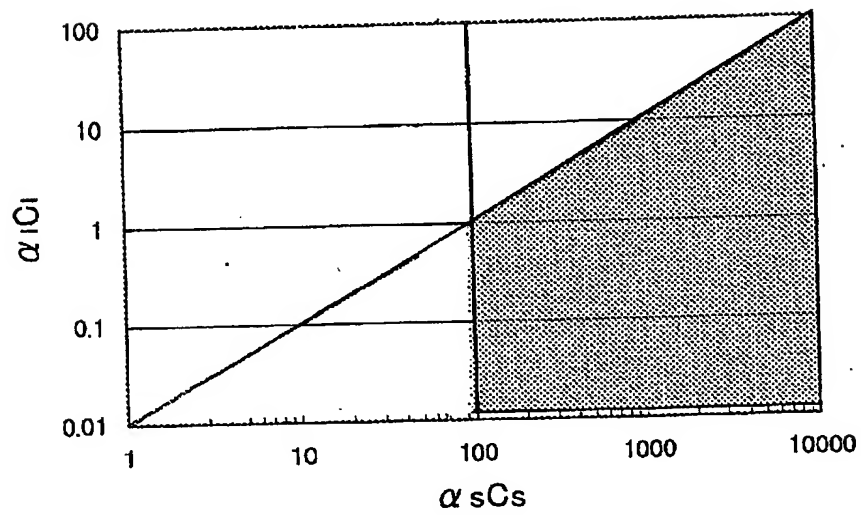
【書類名】

図面

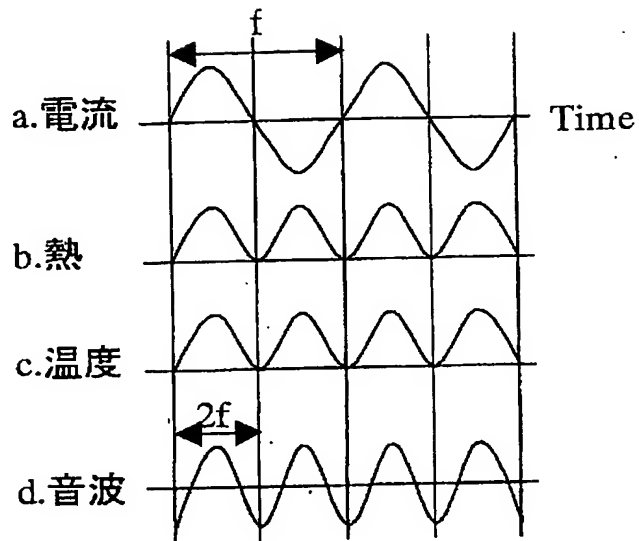
【図1】



【図2】



【図3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 熱励起による圧力発生装置について、その性能の大きな向上を図ることのできる新しい技術手段を提供する。

【解決手段】

熱導電性の基板と基板上の一方の面に形成された断熱層と、断熱層上に形成され、電気的に駆動される金属膜からなる発熱体薄膜とを備えた熱励起音波発生装置であって、熱導電性の基板の熱伝導率  $\alpha_S$ 、その熱容量を  $C_S$  とし、また、断熱層の熱伝導率を  $\alpha_I$ 、その熱容量を  $C_I$  としたときに、

$$1/100 \geq \alpha_I C_I / \alpha_S C_S、かつ \alpha_S C_S \geq 100$$

の関係が成り立つようにする。

【選択図】 図1

特願 2003-053281

出願人履歴情報

識別番号

[801000072]

1. 変更年月日  
[変更理由]

住所  
氏名

2001年12月17日

新規登録

東京都小金井市東町4-34-25  
農工大ティー・エル・オー株式会社

2. 変更年月日  
[変更理由]

住所  
氏名

2003年11月 7日

住所変更

東京都小金井市中町二丁目24番16号  
農工大ティー・エル・オー株式会社